

УДК 621.6

Кротеви́ч В.В.

НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І.Сікорського» м. Київ, Україна

БЕЗФІЛЬТРОВА ОДОРИЗАЦІЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Krotevich V.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine (vitaly.krotevich@yahoo.com)

NONFILTER NATURAL GAS ODORIZATION

У статті представлено результати дослідження та порівняльний аналіз одоризаційних установок природного газу, які призначені для забезпечення точності і надійності його одоризації з метою ідентифікації витоків у технологічних системах транспортування, розподілу та споживання, до моменту досягнень межі вибухонебезпечності або шкідливої концентрації шляхом введення речовини із різким специфічним запахом. За результатами поглибленого аналізу існуючих одоризаційних установок природного газу, запропоновано нові технічні рішення, які дозволили створити одоризатори, що ефективно функціонують за різних умов експлуатації та якості одоранту. Такі установки мають високу точністю одоризації газу в автономному режимі за мінімальної участі обслуговуючого персоналу. Особливу увагу приділено високоефективній безфільтровій установці одоризації природного газу. Головною перевагою запропонованої установки є відсутність фільтрів для очистки одоранту від бруду і частинок льоду. Принцип дії установки відрізняється від інших флоуодоризаторів тим, що насос перекачує не рідину, а природний газ. При наявності в установці елементів підігріву вона може функціонувати в автоматизованому режимі, при цьому, робота експлуатаційного персоналу направлена виключно на перенаправлення ємності зберігання одоранту.

Ключові слова: природний газ, одоризація, установки одоризації.

Вступ

Для виявлення витоків газу у системах підготовки, транспортування, розподілу та споживання здійснюють його одоризацію шляхом введення речовини із різким специфічним запахом.

Важливим є забезпечення точності і надійності одоризації, оскільки при “передозуванні” одорантом природного газу створюється небезпека здоров’ю людини в наслідок отруєння сірководнем навіть при відсутності витікання газу [1-3]. При “недодозуванні” витоків газу не виявляються, з’являється небезпечна концентрація газової суміші із повітрям, що приводить до вибухів у побутових та інших приміщеннях. Виходячи з цього, необхідно забезпечувати надійну та ефективну ідентифікацію витоків природного газу, що убезпечує обслуговуючий персонал і споживачів від нещасних випадків та нанесенню шкоди їх здоров’ю і негативної дії на довкілля. Окрім того, одорант є коштовним витратним продуктом і раціональне його використання призводить до економії коштів на одоризацію природного газу.

Надійність роботи одоризаційних установок залежить від багатьох факторів, основними з яких є: принципи та конструктивні виконання, рівень забезпечення безперебійного функціонування у широкому діапазоні змін умов експлуатації, вплив якості одоризуючої речовини на роботоздатність одоризаторів, достовірність визначення кількості газу, що підлягає одоризації.

Постановка проблеми

У зв’язку з досить малою величиною одноразової дози дозуючого насоса (0,035-2 г.) в установках одоризації для контролю їх працездатності, як правило, встановлюють реле протоку (рис.1) або лічильник, який реєструє інтегральну (сумарну) кількість одоранту, який введено в газ наближено за 100 доз технологічного процесу [4-7]. Реле протоку реєструє факт подачі одоранту дозуючим насосом без визначення величини самої дози.

Використання реле протоку в якості сенсора кількості доз апіорі передбачає стабільність дози насоса, яка залежить від температури навколишнього середовища, від ступеню чистоти одоранту, забрудненості фільтра на вході установки, наявності вологи в одоранті, тощо. Це унеможливило використання одоризуючої речовини з різними домішками (який є більш дешевий) та кристалами льоду, які можуть з’являтися протягом зимового періоду експлуатації установок.

Одоризатор АСОГ (Росія) складається із робочої ємності одоранту та дозатора, що включає у собі фільтр одоранту, насос та реле протоку. Дозатор видає порції одоранту з періодом, який визначається відповідно до величини витрати газу, при цьому облік одоранту здійснюється шляхом добутком маси однієї дози на кількість імпульсів дозування. Оператор, при цьому, повинен періодично корегувати масу дози за допомогою повірочної ємності одоранту. Якщо при видачі імпульсу дозування датчик протоку не дає сигналу про походження дози, видається повідомлення аварійну ситуацію.

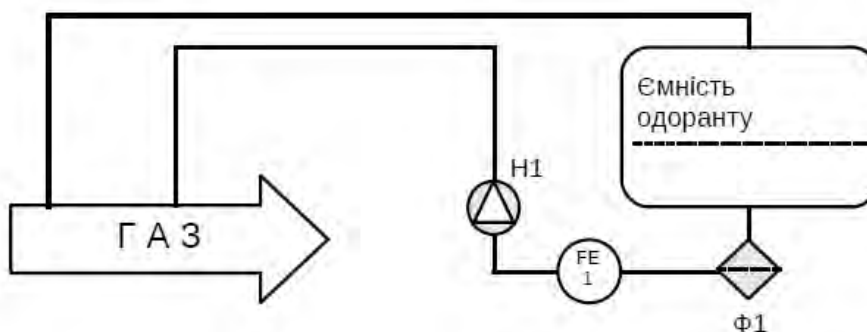


Рис. 1. Технологічна схема установки одоризації АСОГ

У сучасній світовій практиці для одоризації застосовуються установки, які мають у своєму складі мікродозуючі насоси, на вході котрих одорант фільтрується від бруду і частинок льоду (при недостатньому внутрішньому підігріві). За таким принципом побудовано класичну технологічну установку одоризації фірми LEWA (Німеччина) (рис.2) [8].

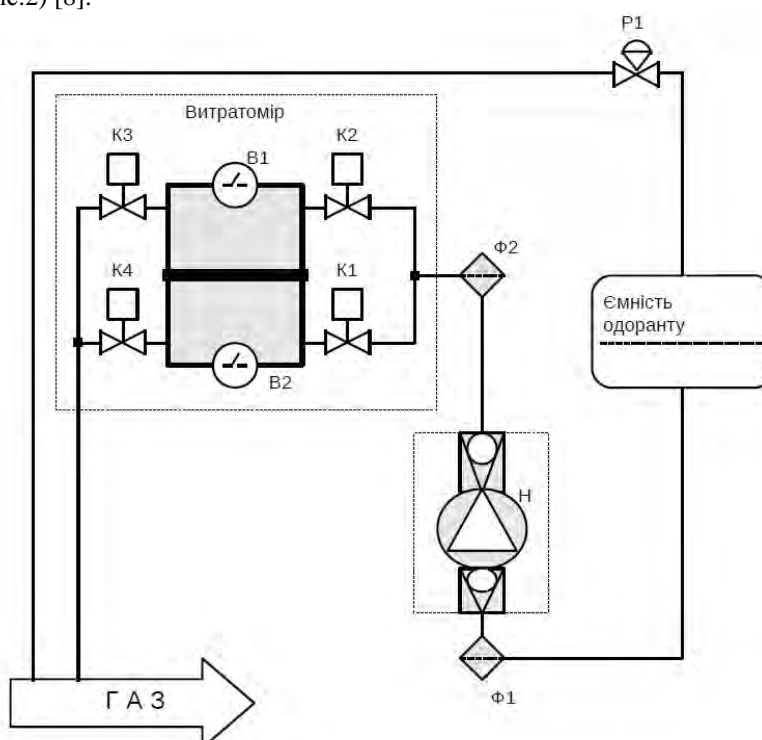


Рис. 2. Технологічна схема одоризації фірми LEWA

В таких установках для попередження потрапляння бруду із одоранту до насосу та інтегрального вимірювача витрати застосовуються два каскади фільтрів Ф1 та Ф2. Якщо фільтри своєчасно не очищати, то процес одоризації може зупинитися в наслідок виходу із ладу насосу, зворотного клапану, мікровитратоміру або із-за непроходження одоранту крізь фільтруючі елементи.

Загальним недоліком наведеної технологічної схеми установки є конструкція мікровитратоміру, в якого кінцеві вимикачі спрацьовують у процесі формування і видачі інтегральних (сумарних) декількох доз мікродозуючим насосом. При цьому унеможливується вимірювання величини кожної виданої насосом дози, а тим більше виключена можливість вимірювання зворотного протікання одоранту, що може призвести до заповітріння насосу і порушення функціонування самої установки.

Проблеми зворотного протікання одоранту можуть виникати за великих різниць тиску між робочою ємністю зберігання та точкою вприску одоранту у газову магістраль при режимах одоризації, що мають місце влітку, коли дозуючий насос спрацьовує з періодом не частіше 320-1200 с.

Виходячи з цього, важливо забезпечити точну і ефективну одоризацію природного газу при мінімізації затрат на обслуговування установок, які функціонують із одорантами різного ступеню чистоти і включень.

Постановка задачі

Поглиблений аналіз роботи одоризаційних установок [4-11] окреслює необхідність створення

одоризаторів, що не потребують використання фільтрів при забезпеченні точності формування дози одоранту необхідної величини, яка вприскується у потік газу. При цьому, для контролю і запобігання протікань необхідно в установках одоризації забезпечити замір кожної дози, що вприскується у потік газу і, якщо зворотне протікання одоранту буде заміряне, то воно повинне компенсуватися допоміжною дозою, яка формується насосом. Для забезпечення надійної роботи установок одоризації із одорантом різного ступеню чистоти необхідно розробити технологію одорування, де управління подачею одоранту буде забезпечуватись без потрапляння бруду у дозуючі насоси.

Таким чином, важливою задачею, яка потребує технічного розв'язання є створення установки одоризації, що не потребує використання фільтрів і при цьому забезпечує точність вимірювання величини дози, що вприскується у потік газу.

Безфільтрова флоуодоризація природного газу

Реєстрацію величини кожної дози, що формується насосом, пропонується здійснювати на основі гідростатичного методу визначення рівня рідини [12].

Перепад тиску у камері датчика перепаду тиску визначається за виразом

$$\Delta p = \rho g h, \quad (1)$$

де ρ - густина одоранту; g - прискорення вільного падіння; h - висота стовпа одоранту.

Висоту стовпа одоранту можна виразити через об'єм одоранту V і площу поперечного перетину мірної трубки S

$$h = \frac{V}{S}, \quad (2)$$

Враховуючи залежність (2) після перетворень вираз (1) набуде виду

$$\Delta p = \frac{mg}{S}, \quad (3)$$

де m - маса одоранту.

З виразу (3) отримаємо формулу визначення маси стовпа одоранту у мірній трубці

$$m = \frac{\Delta p S}{g}, \quad (4)$$

Таким чином, за значенням Δp можна визначити величину маси одоранту у мірній трубці. При цьому, точність визначення маси буде окреслюватися похибкою датчика перепаду тиску Δ . Враховуючи досить малі гідродинамічні зміни різниці тиску у мірній трубці, можна прийняти як аксіому незмінність похибки вимірювання перепаду тиску Δ на проміжку часу опитування перетворювача, що не перевищує 1с.

Використовуючи гідростатичний метод визначення рівня одоранту побудована одоризаційна установка ОДДК (Росія) [13-14] (рис.3).

В даній установці одорант наповнює замірну трубку МТ, де за вихідною інформацією датчика перепаду тиску визначається його маса

$$m_t = \frac{(\Delta p_{\phi t} \pm \Delta_t) S}{g}, \quad (5)$$

де $\Delta p_{\phi t}$ - значення тиску одоранту у мірній трубці виміряне диференційним манометром у момент часу t ; Δ_t - похибка диференційного манометра у момент часу t .

Після спрацювання насоса, який подає дозу одоранту у газову технологічну магістраль, у мірній трубці знаходиться залишковий рівень одоранту, маса якого знову визначається диференційним манометром

$$m_{t+1} = \frac{(\Delta p_{\phi t+1} \pm \Delta_{t+1}) S}{g}. \quad (6)$$

Маса сформованої і введеної до потоку газу у технологічну магістраль насосом дози визначається як різниця маси одоранту у мірній трубці до і після видачі дози $m_{t+1} - m_t$. Тоді, з виразів (5) та (6), маємо

$$D = \frac{1}{g} (\Delta p_{\phi t+1} \pm \Delta_{t+1} - \Delta p_{\phi t} \pm \Delta_t) S. \quad (7)$$

Враховуючи досить малу динаміку гідродинамічних змін різниці тиску у мірній трубці, можна прийняти як аксіому стабільність похибки вимірювання перепаду тиску Δ на проміжку часу опитування перетворювача різниці тиску, який не перевищує 1с, вираз (7) набуде вигляду

$$D = \frac{1}{g} (\Delta p_{\phi t+1} - \Delta p_{\phi t}) S. \quad (8)$$

Недоліком наведеної технологічної схеми установки (рис.3) є наповнення мірної трубки через послідовно розміщені клапани. Вважаючи, що згідно фізичних законів ідеальних клапанів бути не може і крізь них, за

рахунок природних протічок, буде наповнюватись мірна трубка. Це не гарантує точності визначення маси дози одоранту за виразами (6)-(8).

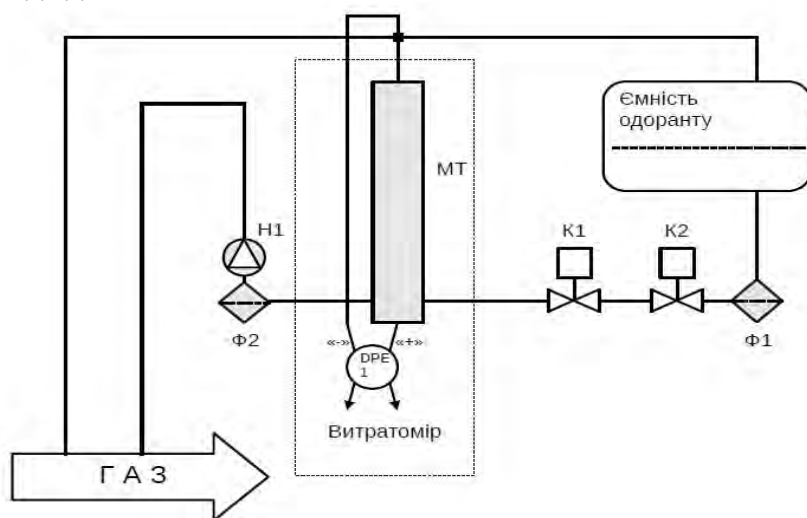


Рис. 3. Технологічна схема установки одоризації ОДК

Для врахування похибки протікання одоранту і забезпечення ефективної одоризації природного і скрапленого газу фахівцями ТОВ «ДП Укргазтех» у співпраці із Науково-дослідним центром «Прилади і системи енергозбереження» Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» удосконалено одоризаційну установку, в якій забезпечується використання «забрудненого» одоранту без необхідності додаткової його очистки «Флоутек ТМ-Д» (рис.4) [15]. Замість

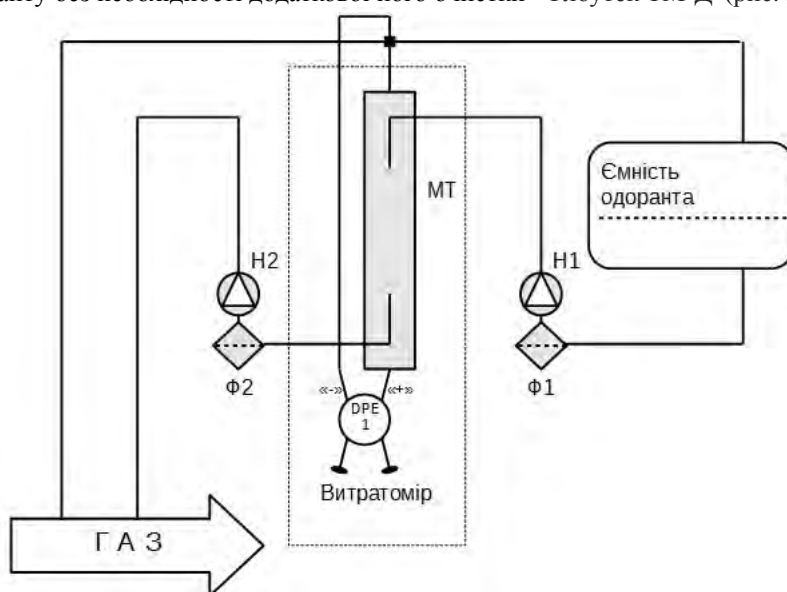


Рис. 4. Технологічна схема установки одоризації Флоутек-ТМ-Д-ННР

Н1-Н2 — насос електромагнітний; Ф1-Ф2 — фільтр одоранту; DPE1 — датчик перепаду тиску;
МТ — замірна трубка

клапанів наповнення використовується насос, який забезпечує наповнення вимірної трубки за командою мікроконтролера, не допускаючи при цьому протікань, які можуть виникати при використанні клапанів наповнення.

Принцип дії таких одоризаторів базується на імпульсній подачі у потік газу мікродоз одоранту за допомогою мікронасосу НД2. Кількість відпущеного одоранту вимірюється витратоміром, який побудовано на основі гідростатичного методу вимірювання, складається із замірної трубки МТ та датчика перепаду тиску DPE-1. Вимірювальний цикл охоплює наповнення замірної трубки та дозування одоранту у газопровід. Такий флоуодоризатор забезпечує регулювання ступеню одоризації газу шляхом зміни інтервалу часу між видачою встановлених доз одоранту і обчисленням його витрати залежно від значення вимірної витрати природного газу та його складу.

Мікроконтролером одоризації забезпечується контроль, індикація та аварійна сигналізація наступних технологічних параметрів: рівень одоранту у мірній трубці, температура в установці, фактичного зв'язку з датчиками та наявність інформації про витрату газу. Обмін даними між складовими системи автоматичного управління забезпечується за протоколом *MODBUS*. Звіт про роботу одоризатора включає таку інформацію: витрати газу та одоранту, фактична ступінь одоризації - за кожну годину, добу, аварійні повідомлення, про зміну параметрів системи. Оформлення звітів здійснюється за допомогою програми верхнього рівня (для ПК).

На відміну від установки фірми *LEWA* в комплексі *Флоутек-ТМ-Д*, завдяки мірній трубці, визначається кожна доза мікродозуючого насоса. Такі одоризаційні установки мають систему фільтрів одоранту. Виходячи з цього, їх можна застосовувати у технологічних процесах газорозподільчих станцій із невеликими витратами газу, за яких формуються малі дози одоранту, які забруднюють фільтри з невеликою інтенсивністю.

Таким чином, установка одоризації *Флоутек-ТМ-Д* забезпечує вимірювання кожної дози одоранту, але залишається незахищеною від домішок та бруду в одоранті і частинок льоду (при експлуатації у зимовий період), потрапляння яких блокується фільтром, який при великих витратах може інтенсивно забруднюватися.

Для підвищення надійності роботи одоризаційних установок і забезпечення можливості використання одоранту різного ступеню чистоти та включень, на підґрунті аналізу існуючих схемних та конструктивних рішень, газу фахівцями ТОВ «ДП Укргазтех» у співпраці із Науково-дослідним центром «Прилади і системи енергозбереження» Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» здійснено подальше удосконалення одоризаційної установи, в якій забезпечується використання «забрудненого» одоранту без необхідності додаткової його очистки. (рис.5). Це стає можливим, якщо змінити філософію формування необхідної дози – насос перекачує не одорант а природний газ. В такій установці насос прокачує крізь одорант газ і датчик перепаду тиску із достатньою точністю контролює залишкову масу одоранту [15-17].

Враховуючи, що густина газу менша майже у 1000 разів за густину одоранту та аналізуючи вирази (8) та (1) можна зробити висновок, що при пропусканні крізь одорант газ систематична похибка визначення маси одоранту може відрізнятись не більше ніж на 0,1 %. Тобто, якщо крізь рідиннофазний одорант буде проходити газ, то з достатньою точністю можна фіксувати масу одоранту у мірній трубці.

Головною перевагою такої установки є відсутність фільтра для очистки одоранту від бруду і частинок льоду. Насос *H1* відбирає газ та спрямовує його на вхід розподільвача *K1*, в залежності від положення якого відбувається один з двох процесів:

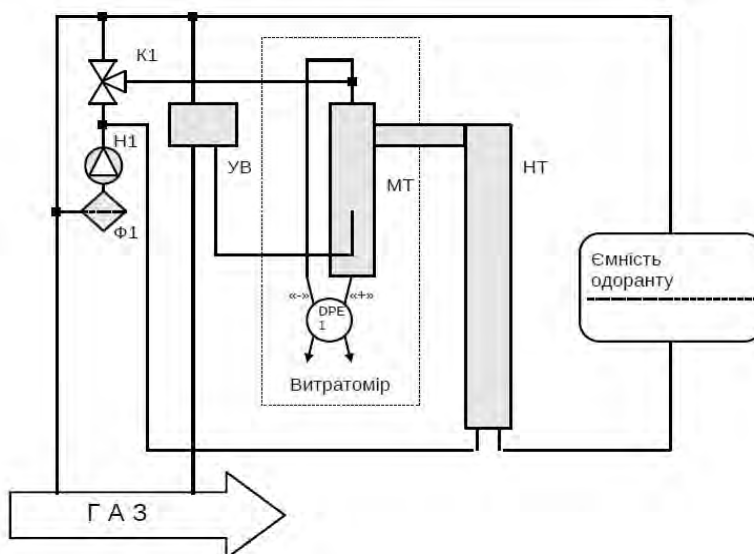


Рис. 5. Технологічна схема установки одоризації *Флоутек-ТМ-Д-ННР* (барботаж)

H1 — насос електромагнітний; *K1* — клапан-розподільвач на базі насоса; *Ф1* — фільтр газу; *DPE1* — датчик перепаду тиску; *МТ* — замірна трубка; *НТ* — наповнююча трубка; *УВ* — пристрій вприску

а) *наповнення*: газ поступає у наповнюючу трубку *НТ*, утворюючи газорідинну суміш, густина якої менше густини одоранту, внаслідок чого рівень у *НТ* збільшується і одорант поступає в замірну трубку *МТ*;

б) *дозування*: газ поступає в замірну трубку *МТ*, внаслідок чого тиск підвищується і одорант поступає у газопровід крізь пристрій вприскування шляхом перетиснення.

При наявності в установці елементів підігріву вона може функціонувати в автоматизованому режимі, при цьому, робота експлуатаційного персоналу направлена виключно на перезаправлення ємності зберігання одоранту (рис.6).

Натурні експлуатаційні випробування показали, що такі установки надійно працюють за температур до 253,15°K без підігріву.



Рис. 6. Одоризаційна установка Флоутек-ТМ-Д-ННР (барботаж)

Висновки

Запропоновані одоризаційні комплекси *Флоутек-ТМ-Д-ННР* ефективно працюють при застосуванні одоранту із різною чистотою, що не впливає на функціонування усіх елементів та систем автоматичного одоризатора. На таких установках можна використовувати найдешевший одорант. Цим самим установка перевищує за своїми технічними показниками усі аналогічні установки, в тому числі і фірми *LEWA*.

Розроблений флоуодоризатор може працювати в автоматичному режимі досить тривалий час (більше року) без необхідності проведення технічного обслуговування.

Подальші дослідження будуть спрямовані на удосконалення безфільтрової установки, яка забезпечуватиме ефективне функціонування за температур нижче 258,15°K і на оцінювання комплексного впливу на ефективність одоризації і роботу одоризаційних установок різних чинників та елементів конструкції.

Аннотация В статье представлены результаты исследования и сравнительного анализа одоризационных установок природного газа, которые предназначены для обеспечения точности и надежности его одоризации с целью идентификации утечек в технологических системах транспортировки, распределения и потребления, к моменту достижения предела взрывоопасности или вредной концентрации путем введения вещества с резким

специфическим запахом. По результатам углубленного анализа существующих одоризационных установок природного газа, предложены новые технические решения, которые позволили создать одоризаторы, что эффективно функционируют в различных условиях эксплуатации и качества одоранта. Такие установки имеют высокую точностью одоризации газа в автономном режиме при минимальном участии обслуживающего персонала. Особое внимание уделено высокоэффективной бесфильтровой установке одоризации природного газа. Главным преимуществом такой установки является отсутствие фильтра для очистки одоранта от грязи и частиц льда. Принцип действия установки отличается от других флоуодоризаторов тем, что насос перекачивает не жидкость, а природный газ. При наличии в установке элементов подогрева она может функционировать в автоматизированном режиме, при этом работа эксплуатационного персонала направлена исключительно на перезаправки емкости хранения одоранта.

Ключевые слова: Природный газ, одоризация, установки одоризации

Abstract. The paper presents the results of research and comparative analysis of odorizers of natural gas which are designed to ensure the accuracy and reliability of its odorization in order to identify the leakages in technological systems of transportation, distribution and consumption till the moment of achievements of explosive limit or harmful concentrations by introducing a substance with a strong specific smell. On the results of fundamental analysis of the existing odorizers of natural gas new technical solutions are proposed which allowed to create odorizers which effectively operate under different conditions of operation and quality of odorant. Such systems have high accuracy of gas odorization offline with minimal involvement of the staff. Particular attention is paid to high -efficiency nonfilter odorizer of natural gas. The main advantage of such installation is absence of the filter to clear out the odorant of dirt and ice. The principle of the installation differs from other flowodorizers in the fact that pump delivers not liquid but natural gas. If there are heating elements it can operate offline while operating personnel work is focused exclusively on refilling of odorant storage capacity.

Keywords: natural gas, odorization, odorizers.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Бухтиарова, Т. А. Характеристика современных одоризаторов газа [Текст] /Т. А. Бухтиарова, В. С. Хоменко // Современные проблемы токсикологии. - 1999. - № 2. - С. 34-39.
2. Reza A. Investigation of Odour Fado, and Subsequent Natural Gas Explosion at the San Diego Baufront Hilton Hotel. [Текст]/A.Reza, Z.M.Ibrahim//Chemical Engineering Transactions. Vol.31,2013, pp.523-528.
3. Capelli L.Evaluation of Olfactory Properties of Gas Odorants [Текст]/L.Capelli, S.Sironi, R.Del Rosso// Chemical Engineering Transactions. Vol.36, 2014, pp.301-306.
4. Прудников Б.И. Определение утечек природного газа в газораспределительных сетях с использованием мобильного расходоизмерительного комплекса [Текст]/Б.И.Прудников //Актуальные вопросы учета природного газа: сб. докладов Международной конференции. 20-24 августа 2012р. - Харьков, 2012. - С.57-62.
5. Крук І.С. Методика визначення технологічних обсягів витрат і втрат природного газу при транспортуванні, розподіленні та зберіганні [Текст]/І.С.Крук, О.М.Химко О.М., О.І.Крук // Вимірювання витрати та кількості газу:зб.

- доповідей VII Всеукраїнської науково-технічної конференції. 25-27 жовтня 2011р. – Івано-Франківськ, 2011. – С.15-16.
6. Serediuk O. Investigation of the metrological characteristics of the natural gas flow rate standard based on variable pressure drop flowmeter [Текст]/O. Serediuk, V.Malisevych, Z.Warsza//11 th IMEKO TC14 Symposium on Laser Metrology for Precision Measurement and Inspection in Industry (LMPMI 2014). 3-5 September 2014 - Tsukuba, Japan, 2014. – p. 269-273
 7. Stinson, D. R. The combinatorics of authentication and secrecy codes [Текст]/ D. R. Stinson // J. Cryptology.–1990.– № 2. – p. 23-49.
 8. Розробки компанії “ДП Укргазтех” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.dgt.com.ua/flo-tm-d_u.html
 9. LEWA: Pumps and sustems [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: www.lewa.com/en/home/
 10. Розробки компанії “Факел”: Інформаційний ресурс <http://www.fakel.ua/ru/products/gts/74/80/>
 11. Maitra, S. Further constructions of resilient Boolean functions with very high nonlinearity [Текст] / S. Maitra, E. Pasalic // Accepted in SETA. – May, 2001.
 12. Кулінченко В.Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід [Текст]: підручн./ В. Р. Кулінченко. – К.: Фірма “ІНКІОС”, 2006. – 616с.
 13. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. [Текст]: Учеб. Для вузов/Л.Г. Лойцянский. – М.:Наука. 1987р.- 840с.
 14. Ковалев Б. К. Некоторые проблемы одоризации газа [Текст]/ Б. К. Ковалев // Вестник Газпромаша. – 2013. – Вып. 1 – С. 53-66.
 15. Пат.98200U Україна. МПК(2012) G01F 11/00, F17D 3/00/Спосіб одоризації природного газу. [Текст]/ В.В.Кротеви́ч, Д.Г. Нікі́тченко, Д.О.Омельченко. Заявники і власники патенту Кротеви́ч В.В., Нікі́тченко Д.Г., Омельченко Д.О.- № - а201010132, заявл.16.08.2010; опубл. 25.04.2012. Бюл.№8 -4с.
 16. Кротеви́ч В.В.Результаты внедрений некоторых разработок ООО “ДП УКРГАЗТЕХ”. [Текст]/В.В.Кротеви́ч, В.Ю. Миняйло// Облік природного газу та метрологія:зб.доповідей Всеукраїнського семінару-наради. 21-25 вересня 2015р. – Одеса,2015. – С.29-30
 17. Кротеви́ч В.В. Електромеханічний пристрій живлення вузлів обліку природного газу. ”.[Текст]/В.В.Кротеви́ч, // Облік природного газу та метрологія:зб.доповідей Всеукраїнського семінару-наради. 23-27 травня 2016р. – Козин, 2016. – С.68-69.

References

1. Buhtiarova, T.A.(1999), Harakteristika sovremennyh odorizatorov gaza, *Sovremennye problemy toksikologii*, no. 2, pp. 34-39.
2. Reza, A. and Ibrahim, Z.M. (2013), Investigation of Odour Fado, and Subsequent Natural Gas Explosion at the San Diego Baufont Hilton Hotel, *Chemical Engineering Transactions*, vol. 31, pp. 523-528.
3. Capelli, L., Sironi, S. and Rosso, R. Del (2013), Evaluation of Olfactory Properties of Gas Odorants, *Chemical Engineering Transactions*, vol.36, pp. 301-306.
4. Prudnykov, B.Y. (2012), Opredelenye utechek pryrodnoho haza v hazoraspredelytel'nykh setyakh s yspolzovaniyem moybil'noho raskhodoyzmytel'noho kompleksa, *Aktual'nye voprosy ucheta pryorodnogo gaza, sb.dokladov Mezhdunarodnoy konferencii*, 20-24 August 2012, Khar'kov, pp. 57-62.
5. Kruk, I.S., Khymko, O.M. and Kruk, O.I. (2011), Metodyka vyznachennya tekhnolohichnykh obsyahiv vytrat i vtrat pryrodnoho hazu pry transportuvanni, rozpodilenni ta zberihanni, *Vymiryuvannya vytraty ta kil'kosti hazu, zb. dopovidey VII Vseukrayins'koyi naukovy-tekhnichnoyi konferentsiyi*, Ivano-Frankivs'k, 25-27 October 2011, pp. 15-16.
6. Serediuk, O., Malisevych, V. and Warsza, Z. (2014), Investigation of the metrological characteristics of the natural gas flow rate standard based on variable pressure drop flowmeter, *11 th IMEKO TC14 Symposium on Laser Metrology for Precision Measurement and Inspection in Industry (LMPMI 2014)*, Tsukuba, Japan, 3-5 September 2014, pp. 269-273.
7. Stinson, D. R. (1990), The combinatorics of authentication and secrecy codes, *J. Cryptology*, vol. 2, pp. 23-49.
8. Development of DP Ukgazteh, available at: www.dgt.com.ua/flo-tm-d_u.html
9. LEWA: Pumps and sustems, available at: www.lewa.com/en/home/
10. Development of Fakel, available at: www.fakel.ua/ru/products/gts/74/80/
11. Maitra, S. (2001), Further constructions of resilient Boolean functions with very high nonlinearity, *Accepted in SETA*, vol. 5, may, pp.27-36.
12. Kulichenko, V. (2006), *Hidravlika, hidravlichni mashyny i hidropriyvid* [Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic], INKOS, Kiev, Ukraine.
13. Lojcjanskij, L. (1987). *Mehanika zhidkosti i gaza* [Fluid Mechanics], Nauka, Moscow, Russia.
14. Kovalev, B. (2013), Nekotorye problemy odorizacii gaza, *Vestnik Gazprommasha*, vol. 1, pp. 53-66.
15. Pat.98200U Ukrayina. МПК (2012) G01F 11/00, F17D 3/00/Sposib odoryzatsiyi pryrodnoho hazu, Zayavnyky i vlasnyky patentu Krotevich, V.V., Nikitchenko, D.H and Omel'chenko, D.O.,-a201010132, zayavl.16.08.2010; opubl. 25.04.2012, Byul, vol.8 -4p.
16. Krotevych, V. and Mynyaylo, V. (2015), “Rezultaty vnedreniy nekotoryh razrabotok ООО “ДП УКРГАЗТЕХ”, *Oblik pryrodnoho hazu ta metrolohiya, zb.dopovidey Vseukrayins'koho seminaru-narady*, Odesa, 21-25 September 2015, pp. 29-30.
17. Krotevich, V. (2016), Elektromekhanichnyy prystriy zhyvlennya vuzliv obliku pryrodnoho hazu, *Oblik pryrodnoho hazu ta metrolohiya, zb.dopovidey Vseukrayins'koho seminaru-narady*, Kozyn, 23-27 May 2016, pp.68-69.

Подана до редакції 23.04.2016